

Emisi Gas Rumah Kaca dan Hasil Gabah dari Tiga Varietas Padi pada Lahan Sawah Tadah Hujan Bersurjan

Mulyadi dan A. Wihardjaka

Balai Penelitian Lingkungan Pertanian

Jl. Jakenan-Jaken Km 5 Jaken Pati 59182 Jawa Tengah

E-mail: mulyadi1959@yahoo.com; awihardjaka@yahoo.co.id

Naskah diterima 20 Januari 2014 dan disetujui diterbitkan 16 Mei 2014

ABSTRACT. Greenhouse Gases Emission and Grain Yield from Three Rice Varieties under Alternating Bed Systems of Rainfed Rice Field. The alternating dry and flooded bedding system (Surjan) optimizes land availability, by integrating food crop culture in the lower bed and annual crops in the upper bed position, of the rainfed rice field. Rainfed rice productivity is generally low, to increase its productivity rice culture should integrate the management of crop, water and nutrients. Rice field is regarded as greenhouse gas sources, especially methane (CH_4) and carbon dioxide (CO_2). Field experiment was conducted in the rainfed rice field in Pati, Central Java, to determine GHGs emission and grain yield from three rice varieties, applied with cattle manure, planted in the rainfed rice field, using alternating beds system. The experiment was arranged in a randomized block design with three replicates and six treatments of the combination of cattle manure application and rice varieties. The rates of cattle manure were 5 and 30 t/ha, while rice varieties were Inpari 1, Inpari 6, Ciherang. Data observed included grain yield, soil pH, fluxes of CO_2 and CH_4 . Combination of Inpari 6 with 5 t/ha cattle manure emitted GHGs higher than combination of Inpari 6 with 30 t/ha cattle manure, while GHGs emission from combination of Ciherang with 5 t/ha cattle manure was lower than combination of Ciherang with 30 t/ha cattle manure. Variety Inpari 1 emitted the lowest GHGs, both from the combination of 5 t/ha and of 30 t/ha. The average grain yield of Inpari 1, Inpari 6, and Ciherang in the rainfed lowland rice each was 6.27, 6.01, and 5.70 t/ha, respectively. The GHGs releases from the rice variety roots depend on the availability of organic matter in the soil that is used as energy source for GHGs forming microbes.

Keywords: Greenhouse gas, cattle manure, rice variety, rainfed.

ABSTRAK. Sistem surjan mengoptimalkan ketersediaan lahan dengan memadukan budidaya tanaman semusim pada bagian tabukan dan tanaman palawija dan/atau tahunan pada bagian guludan. Intensifikasi tanah sawah tadah hujan diperlukan untuk meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman melalui pemanfaatan varietas unggul, pengelolaan air, dan pengelolaan hara, yang berpengaruh terhadap kuantitas produksi dan pelepasan gas rumah kaca (GRK) terutama metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2). Percobaan dilaksanakan di lahan sawah tadah hujan di Pati, Jawa Tengah untuk mengetahui emisi GRK dan hasil gabah dari tiga varietas padi unggul yang diberi kotoran sapi pada ekosistem sawah tadah hujan berbasis surjan. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok, tiga ulangan, dengan enam perlakuan kombinasi kotoran sapi dan varietas padi unggul. Takaran pupuk kandang 5 dan 30 t/ha, sedang varietas padi adalah Inpari 1, Inpari 6, Ciherang. Data yang diamati meliputi hasil gabah, fluk CH_4 dan CO_2 , dan pH tanah. Varietas Inpari 6 yang dikombinasikan dengan pemberian pupuk kandang 5 t/ha menghasilkan emisi GRK lebih tinggi dibandingkan jika dikombinasikan dengan pupuk kandang 30

t/ha, sedangkan emisi GRK pada perlakuan kombinasi varietas Ciherang dengan pupuk kandang 5 t/ha adalah lebih rendah dibandingkan perlakuan kombinasi varietas Ciherang dengan pupuk kandang 30 t/ha. Varietas Inpari 1 menghasilkan emisi GRK paling rendah baik dengan pemberian pupuk kandang 5 t/ha maupun 30 t/ha. Hasil gabah rata-rata dari varietas Inpari 1, Inpari 6, dan Ciherang pada ekologi sawah tadah hujan masing-masing adalah 6,27; 6,01; dan 5,70 t/ha. Pelepasan GRK di perakaran varietas padi tergantung ketersediaan bahan organik dalam tanah yang efektif digunakan sebagai sumber energi bagi mikroba pembentuk GRK.

Kata kunci: Gas rumah kaca, kotoran sapi, varietas padi, tadah hujan.

Sawah tadah hujan telah berkontribusi terhadap penyediaan pangan nasional, meskipun termasuk lahan suboptimal. Kendala yang sering terjadi pada pertanaman padi di lahan sawah tadah hujan, antara lain (a) kesuburan tanah rendah, (b) curah hujan tidak menentu sehingga sering terjadi cekaman kekeringan, dan (c) pertumbuhan gulma relatif pesat. Dalam upaya optimalisasi penggunaan sawah tadah hujan, petani membuat sistem surjan. Sistem surjan dapat meningkatkan produktivitas tanah dan keragaman hasil dengan memadukan tanaman semusim (padi, palawija, sayuran) dengan tanaman tahunan. Pada sistem surjan, tanah bagian bawah (tabukan) digunakan untuk budi daya padi sawah dan bagian tanah atas (guludan) untuk palawija, sayuran dan/atau tanaman tahunan seperti mangga dan jeruk. Dalam sistem surjan, tanah pada bagian tabukan merupakan lapisan bawah tanah (*subsoil*) yang umumnya mempunyai bobot isi (*bulk density*) yang lebih tinggi dibanding tanah bagian atas (*topsoil*) (Wihardjaka dan Indratin 2002). Intensifikasi produksi padi pada bagian tabukan dapat diupayakan melalui penggunaan varietas unggul, pengelolaan air dan hara, sedangkan perbaikan struktur tanahnya dapat dilakukan antara lain dengan pemberian pembenah tanah organik.

Kotoran ternak merupakan salah satu pembenah tanah organik yang berfungsi memperbaiki kesuburan fisik, kimia, dan hayati tanah. Namun, pemberian kotoran ternak ke tanah diduga meningkatkan emisi GRK, yang

besarnya bergantung pada karakteristik tanah, ketersediaan air dan O_2 . Menurut Rastogi *et al.* (2002), sumber C dari fotosintesis dan translokasinya ke akar digunakan dalam respirasi akar. Sementara kotoran ternak dan sisa tanaman menyediakan C untuk respirasi mikroba dalam tanah (Witt *et al.* 2000).

Pengelolaan antropogenik sawah tadah hujan mempengaruhi dinamika laju produksi dan emisi GRK sebagai penyebab pemanasan global dan perubahan iklim (Smith *et al.* 2003). Tanah memberikan kontribusi 20% terhadap emisi CO_2 total ke atmosfer melalui respirasi tanah (Rastogi *et al.* 2002). Potensi pemanasan global CH_4 dan N_2O masing-masing 25 dan 298 kali lebih besar daripada massa setara CO_2 di atmosfer (IPCC 2007). Emisi CO_2 oleh tanaman padi digunakan sebagai bahan baku dalam proses fotosintesis, sedangkan CH_4 dari tanah akan lepas ke atmosfer. Metana memberikan sumbangan 14% terhadap emisi GRK global (IPCC 2007). Tanah sawah yang airnya terdrainase mengalami rosot CH_4 akibat tingginya laju difusi CH_4 ke dalam tanah dan oksidasi CH_4 oleh mikroba metanotrop. Pada sistem sawah tadah hujan, kondisi tanah aerob-anaerobik terjadi silih berganti sehingga berpengaruh terhadap dinamika gas CO_2 dan CH_4 dari tanah.

Gas metana terbentuk dari dekomposisi bahan organik secara anaerobik pada rizosfer tanaman padi dengan kehadiran mikroba metanogen seperti bakteri *Methanosarcina* dan *Methanobacterium*. Proses metanogenesis pada rizosfer tanaman padi terjadi secara optimal bilamana potensial redoks (Eh) < -150 mV, kisaran pH optimum 6-8, suhu tanah optimum 30-40°C, dan tersedia bahan organik yang mudah terdegradasi seperti eksudat akar (Johnson *et al.* 2007). Menurut Dendooven *et al.* (2012), tanah sawah menjadi sumber emisi metana setelah diberi kotoran ternak atau bahan-bahan organik lain. Pelepasan GRK dari tanah sawah dipengaruhi oleh sifat fisiologi dan morfologi tanaman padi dan ketersediaan karbon dalam tanah yang berasal dari bahan organik tanah dan masukan bahan organik segar. Varietas padi mempengaruhi emisi CH_4 melalui penyediaan eksudat dan pembusukan jaringan akar dan daun tanaman yang jatuh ke tanah, dan keragaman kapasitas pengangkutan CH_4 berbeda antarvarietas padi (Dubey 2005). Metana yang terbentuk pada rizosfer tanaman padi sebagian akan dioksidasi oleh mikroba metanotrof yang juga terdapat di perakaran tanaman. Sebesar 70% CH_4 dari total emisi akan lepas ke atmosfer melalui jaringan aerenkhima tanaman padi (emisi), sedangkan 25% dan 5% masing-masing melalui ebulusi dan difusi (Wassmann *et al.* 2000).

Hasil penelitian Setyanto *et al.* (2004) menunjukkan bahwa penanaman varietas IR64, Memberamo, dan Way Apoburu dapat menurunkan emisi metana masing-

masing sebesar 60%, 35%, dan 38% pada sistem padi tanam pindah dan 19%, 21%, 29% pada sistem padi gogorancan, dibandingkan dengan varietas Cisadane. Emisi CH_4 dari varietas Cisadane pada sistem tanam pindah dan sistem gogorancan masing-masing 218 kg dan 95 kg CH_4 /ha/musim. Biomas yang tinggi dari varietas Cisadane nyata meningkatkan emisi CH_4 dibanding IR64, Memberamo, dan Way Apoburu. Setyanto *et al.* (2006) juga melaporkan bahwa rejim air menentukan emisi CH_4 dari tanah sawah. Irigasi berselang dan macak-macak menurunkan emisi CH_4 masing-masing sebesar 46% dan 62% dibandingkan dengan irigasi tergenang terus-menerus selama pertumbuhan tanaman padi.

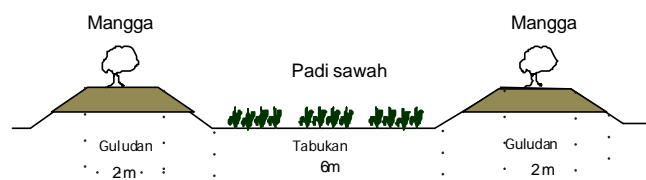
Produktivitas dan daya emisi GRK varietas padi dapat diketahui dari indeks emisi. Indeks emisi menggambarkan volume emisi GRK melalui tanaman padi untuk setiap kg atau ton gabah yang dihasilkan (Setyanto *et al.* 2004). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat emisi GRK berkarbon (CO_2 dan CH_4) dari tiga varietas padi yang diberi kotoran sapi pada ekosistem sawah tadah hujan berbasis surjan.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan pada ekosistem sawah tadah hujan berbasis surjan di Jaken, Kabupaten Pati, Jawa Tengah, pada akhir MH 2012. Percobaan disusun menggunakan rancangan faktorial acak kelompok dengan tiga ulangan. Perlakuan merupakan kombinasi antara dua takaran kotoran sapi (O1 = 5 t/ha dan O2 = 30 t/ha) dan tiga varietas padi sawah (V1 = Inpari 1, V2 = Inpari 6, dan V3 = Ciherang). Varietas Ciherang digunakan sebagai pembanding yang potensial menghasilkan fluks metana yang relatif rendah (Wihardjaka 2007).

Dalam sistem surjan ini, tabukan berukuran 6 m x 30 m dan guludan 2 m x 30 m, dengan penampang yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Kotoran sapi dibenamkan ke dalam tanah di bagian tabukan bersamaan dengan pengolahan tanah. Lahan dibiarkan selama dua minggu setelah pembenaman kotoran sapi dan pemerataan lahan. Padi varietas Inpari



Gambar 1. Penanaman padi sawah di bagian tabukan dari sistem surjan padi-mangga di lahan sawah tadah hujan.

1, Inpari 6, dan Ciherang ditanam pindah 8 Januari 2012 di bagian tabukan dengan sistem legowo 5:1 dan jarak tanam 20 cm x 20 cm. Setiap petak percobaan diberi pupuk dengan takaran 120 kg N, 36 kg P₂O₅, dan 60 kg K₂O/ha. Pupuk N dalam bentuk urea diberikan tiga tahap, masing-masing 1/3 takaran N pada 7, 40, dan 55 hari setelah tanam (HST). Pupuk P diberikan sekaligus dan pupuk K diberikan dua tahap, masing-masing 1/2 takaran pada 7 HST dan sisanya pada 40 HST.

Data yang diamati meliputi hasil gabah, fluks GRK (CO₂ dan CH₄), pH tanah, dan karakteristik tanah. Tinggi tanaman dan jumlah anakan diamati dari 16 contoh rumpun pada fase anakan aktif, anakan maksimum, primordia bunga, dan masak. Hasil gabah diamati dari empat ubinan dengan ukuran 1 m x 3 m. Fluks GRK dan pH tanah diamati pada fase anakan maksimum (40 HST), primordia bunga (55 HST), dan pengisian bulir padi (75 HST). Contoh gas diambil dengan menggunakan sungkup tertutup pada interval waktu 10, 20, 30, dan 40 menit. Sungkup yang digunakan berukuran 40 cm x 40 cm x 100 cm. Contoh gas diambil menggunakan syringe volume 10 ml. Contoh gas diinjeksikan ke alat kromatografi gas yang dilengkapi dengan detector FID untuk penetapan fluks CH₄ dan TFD untuk penetapan fluks CO₂. Penetapan fluks CO₂ dan CH₄ menggunakan formula yang digunakan oleh Iqbal *et al.* (2009). Data terkumpul dianalisis menggunakan sidik ragam dan dilanjutkan dengan uji DMRT 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Kimia Tanah

Pada Tabel 1 terlihat bahwa tanah di bagian tabukan mengandung C organik rendah (< 2%), N total rendah,

Tabel 1. Karakteristik tanah Inceptisol pada bagian tabukan dalam sistem surjan. Jaken, Pati, MH 2012.

Karakteristik tanah	Nilai dan standar deviasi ¹⁾
C organik (%)	1,89 ± 0,16
N total (%)	0,17 ± 0,04
P total (%)	0,04 ± 0,03
K total (%)	5,05 ± 1,59
CTK [cmol (+)/kg]	4,24 ± 1,40
Kation dapat ditukar :	
K-dd [cmol (+)/kg]	0,02 ± 0,01
Na-dd [cmol (+)/kg]	1,19 ± 0,67
Ca-dd [cmol (+)/kg]	7,12 ± 2,75
Mg-dd [cmol (+)/kg]	1,51 ± 0,74
Tekstur: Pasir (%)	39,4 ± 2,2
Debu (%)	49,7 ± 4,0
Liat (%)	10,9 ± 1,1

¹⁾ Rata-rata dari 12 contoh tanah

P total rendah, KTK rendah [<16 cmol(+)/kg], kation dapat ditukar K, Na, dan Mg termasuk rendah, dan Ca dapat ditukar termasuk sedang. Tanah Inceptisol Jaken pada kedalaman lapisan olah tanah (0-20 cm) bertekstur lempung berpasir (39% pasir, 50% debu, 11% liat). Tingkat kesuburan tanah sawah tadah hujan di Jaken secara umum termasuk rendah, sehingga pengelolaannya memerlukan masukan hara. Pemberian bahan pembenah tanah yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik merupakan salah satu opsi untuk meningkatkan produktivitas lahan sawah tadah hujan.

Pemberian bahan organik pembenah tanah dapat memperbaiki ketersediaan hara dalam tanah sawah tadah hujan, selain memperbaiki kesuburan fisik dan hayati tanah. Pengembalian jerami padi segar ke dalam tanah dapat memasok 0,6% N; 0,1% P; 0,1% S; 1,5% K, dan 5% Si (Wihardjaka *et al.* (2002), namun dikhawatirkan sebagai sumber emisi GRK, terutama metana (CH₄). Pupuk kandang matang yang umumnya mempunyai nisbah C/N rendah merupakan salah satu sumber bahan organik alternatif untuk memperbaiki kesuburan tanah sawah tadah hujan. Pupuk kandang matang (nisbah C/N rendah) mengemisi metana lebih rendah daripada jerami kering dan pupuk hijau (Wihardjaka *et al.* 1999).

Hasil Gabah



Gambar 2. Hasil tiga varietas padi yang diberi pupuk kandang dengan takaran berbeda (Bar yang diikuti oleh huruf sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT 5%, koefisien keragaman 5,60%).

Varietas Inpari 1 masih tanggap terhadap pemberian pupuk kandang takaran tinggi, sedangkan hasil varietas Ciherang justru menurun. Varietas Inpari 6 tidak respon terhadap pemberian pupuk kandang dengan takaran lebih dari 5 t/ha. Gosh dan Kashyap (2003) melaporkan bahwa varietas padi memiliki daya adaptasi tersendiri terhadap kondisi biofisik lingkungan. Pemberian pupuk kandang 5 t dan 30 t/ha menghasilkan gabah rata-rata 6,06 t dan 5,92 t/ha. Aplikasi pupuk kandang yang berlebihan di lahan sawah dapat mengakibatkan kondisi tanah semakin reduktif, terbentuknya gas-gas beracun bagi akar tanaman, dan terserapnya hara N tersedia dalam tanah oleh mikroorganisme perombak bahan organik, sehingga hasil padi dengan pemberian pupuk kandang dosis tinggi cenderung lebih rendah. Pemberian pupuk kandang takaran tinggi juga berpotensi mencemari air tanah (Wolf and Snyder 2003).

Fluks Gas Rumah Kaca

Tabel 2 memperlihatkan fluks gas metana pada saat tanaman padi berumur 45, 55, dan 75 HST. Fluks metana turun setelah fase berbunga (55 HST) karena laju fotosintesis turun setelah perkembangan bulir gabah dan menurunkan pasokan asimilat tersedia bagi pembentukan metana (Sinha 1995). Fluks CH_4 nyata ($p < 0,01$) terjadi 45 dan 75 HST, tetapi tidak nyata pada 55 HST. Saat tanaman berumur 45 dan 75 HST, fluks CH_4 dari Inpari 6 lebih tinggi daripada Inpari 1 dan Ciherang. Fluks CH_4 terendah terlihat pada varietas Ciherang. Perbedaan emisi CH_4 dari ketiga varietas yang diuji ditentukan oleh perbedaan morfologi dan fisiologi, serta kemampuan akar mengoksidasi CH_4 dan eksudasi antarvarietas. Menurut Dubey (2005), perbedaan rongga aerenkhima antarvarietas padi menentukan tingkat emisi CH_4 . Lebih dari 50% CH_4 yang dilepaskan dari tanah sawah disebabkan oleh eksudasi akar (Dannenberg and

Conrad 1999). Eksudat akar yang antara lain berupa asetat dan formiat memberikan kontribusi tinggi terhadap pembentukan metana (Watanabe *et al.* 1995). Lebih dari 80% asetat digunakan sebagai substrat karbon untuk pembentukan CH_4 , dan 10-30% berasal dari H_2/CO_2 dan formiat. Menurut Aulakh *et al.* (2001), tanaman padi mempunyai kemampuan berbeda melepaskan eksudat akar dalam tanah, bergantung pada efisiensi pemanfaatan fotosintat oleh tanaman. Semakin efisien tanaman memanfaatkan fotosintat (untuk pembentukan gabah dan organ lainnya), semakin kecil eksudat akar yang terlepas ke tanah dan semakin rendah emisi CH_4 . Di lain pihak, semakin berkurang pelepasan eksudat akar ke tanah semakin efektif tanaman padi membentuk gabah.

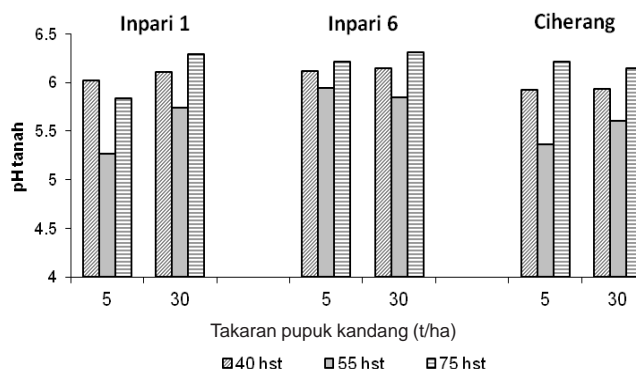
Varietas Inpari 6 cenderung lebih tinggi melepaskan gas metana daripada varietas Inpari 1 dan Ciherang. Pengamatan pada 40, 55, dan 75 HST, menunjukkan nilai pH pada varietas Inpari 6 umumnya lebih tinggi daripada varietas Inpari 1 dan Ciherang (Gambar 3). Aktivitas mikroba metanogen optimal pada nilai pH mendekati netral (Hou *et al.* 2000, Yu and Patrick 2003), sehingga semakin tinggi nilai pH mendekati netral, semakin giat metanogen menghasilkan metana di tanah sawah pada kondisi anaerob.

Pemberian pupuk kandang takaran 30 t/ha menghasilkan fluks CH_4 lebih rendah 5,7% pada 40 HST dan 55,0% pada 75 HST dibandingkan dengan pemberian pupuk kandang takaran 5 t/ha (Tabel 2). Sebaliknya, pemberian pupuk kandang 30 t/ha meningkatkan fluks CO_2 sebesar 26,4% pada 40 HST dan 43,0% pada 75 HST dibandingkan dengan pemberian pupuk kandang 5 t/ha (Tabel 3). Pemberian pupuk organik memperbaiki produktivitas tanah dalam jangka panjang, sehingga pemberian pupuk kandang dosis rendah lebih menguntungkan bagi proses metanogenesis.

Tabel 2. Fluks metana pada tiga fase pertumbuhan kritis tanaman padi di lahan tadah hujan. Jaken, Kabupaten Pati, 2012.

Dosis pupuk kandang	Varietas padi	Fluks metana ($\text{mg CH}_4 \text{ m}^{-2}/\text{hari}$)		
		40 HST	55 HST	75 HST
5	Inpari 1	10,6 c	6,6 a	70,6 a
	Inpari 6	64,9 a	5,2 a	76,4 a
	Ciherang	29,8 b	3,6 a	35,2 bc
30	Inpari 1	27,2 b	3,2 a	14,2 c
	Inpari 6	58,7 a	3,5 a	40,9 b
	Ciherang	13,3 c	8,9 a	26,9 bc
Pr>F		0,0003	0,5534	0,0099
Koefisien Keragaman (%)		13,90	16,17	22,18

Angka selanjut yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji beda nyata terkecil taraf 5%.



Gambar 3. Kemasaman tanah di perakaran tanaman padi pada 40, 55, dan 75 hari setelah tanam.

Tabel 3. Pengukuran fluks karbon dioksida pada tiga fase pertumbuhan kritikal tanaman padi di lahan tadah hujan tahun 2012.

Dosis pupuk kandang	Varietas padi	Fluks karbon dioksida (mg CO ₂ m ⁻² /hari)		
		40 HST	55 HST	75 HST
5	Inpari 1	1466 b	750 c	572 c
	Inpari 6	1634 b	1403 ab	1424 b
	Ciherang	1235 b	1008 bc	1644 ab
30	Inpari 1	1588 b	1533 a	1351 bc
	Inpari 6	817 b	793 c	1472 b
	Ciherang	3074 a	844 c	2382 a
Pr>F		0,0208	0,0193	0,0373
Koefisien Keragaman (%)		22,37	14,95	21,73

Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji beda nyata terkecil taraf 5%.

Fluks CO₂ yang dilepaskan antarvarietas padi yang dikaji pada pengamatan 45, 55, dan 75 HST. Varietas Ciherang melepaskan CO₂ relatif lebih tinggi pada saat tanaman berumur 45 dan 75 HST dibanding Inpari 1 dan Inpari 6. Sebaliknya pada saat tanaman berumur 55 HST Inpari 1 lebih tinggi melepaskan CO₂ daripada Inpari 6 dan Ciherang. Pelepasan CO₂ melalui tanaman padi ke atmosfer dipengaruhi oleh kondisi aerobik pada perakaran dan aktivitas mikroba aerobik seperti metanotrof. Mikroba metanotrof obligat mengoksidasi CH₄ menjadi metanol, formaldehid, formiat, dan akhirnya CO₂ dengan urutan reaksi: CH₄ → CH₃OH → HCHO → HCOOH → CO₂ (Whalen 2005).

Emisi GRK tertinggi ditunjukkan oleh varietas Inpari 6 dan varietas Ciherang memperlihatkan emisi GRK terendah (Tabel 4). Emisi GRK melalui Inpari 1, Inpari 6, dan Ciherang masing-masing 1,67; 2,96; dan 1,04 t setara CO₂/ha/musim. Pemberian pupuk kandang 5 t/ha mengemisi GRK lebih tinggi daripada pupuk kandang takaran 30 t/ha, rata-rata 2,50 t setara CO₂/ha/musim (pupuk kandang 5 t/ha) dan 1,98 t setara CO₂/ha/musim (pupuk kandang 30 t/ha).

Emisi GRK melalui tanaman padi ke atmosfer selain dipengaruhi oleh karakteristik varietas seperti morfologi, fisiologis, dan daya oksidasi di perakaran, juga ditentukan oleh kelengasan tanah, ketersediaan bahan organik yang mudah terdegradasi, kemasaman tanah (pH), suhu tanah, dan mikroba metanogen maupun matanotrof di perakaran tanaman padi. Varietas dengan biomassa dan eksudat akar tinggi berpotensi mengemisi metana lebih tinggi pula. Hasil penelitian Setyanto *et al.* (2004) menunjukkan bahwa varietas Cisadane dengan biomassa tinggi cenderung mengemisi metana lebih tinggi dibanding varietas IR64, Memberamo, dan Way Apoburu. Varietas padi dengan diameter rongga

Tabel 4. Emisi gas rumah kaca (GRK) dan indeks emisi pada padi tadah hujan tahun 2012.

Dosis pupuk kandang	Varietas padi	Emisi GRK (kg setara CO ₂ /ha/musim)	kg gabah/kg setara CO ₂
5	Inpari 1	1.544 b	3,85 a
	Inpari 6	4.179 a	1,62 b
	Ciherang	1.775 b	3,48 a
30	Inpari 1	1.802 b	3,66 a
	Inpari 6	1.749 b	3,39 a
	Ciherang	2.374 ab	2,22 b
Pr>F		0,0187	0,0206
Koefisien keragaman (%)		18,31	13,90

Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji beda nyata terkecil taraf 5%.

aerenkhima lebih lebar potensial melepaskan GRK lebih tinggi pula (Dubey 2005). Kondisi yang menguntungkan bagi pelepasan metana ke atmosfer antara lain tanah dalam kondisi tergenang dengan redoks potensial <-150 mV, kisaran pH 6-8, dan suhu tanah berkisar antara 30-40°C (Johnson *et al.* 2007). Bahan organik yang relatif mudah terdegradasi seperti pupuk kandang dan kompos relatif metana lebih rendah daripada jerami padi (Iqbal *et al.* 2009).

Indeks Emisi

Interaksi perlakuan varietas padi dan pemberian pupuk kandang nyata mempengaruhi indeks emisi (Tabel 4). Indeks emisi merupakan perbandingan antara jumlah gabah yang dihasilkan dengan GRK yang dilepaskan melalui tanaman padi. Indeks emisi dihitung sesuai formula yang digunakan Sass *et al.* (1991), yaitu hasil per unit bobot gabah dibagi laju emisi GRK. Semakin tinggi indeks emisi berarti varietas tersebut berdaya emisi rendah dengan tingkat hasil gabah tinggi. Indeks emisi varietas Inpari 6 lebih rendah daripada varietas Inpari 1 dan Ciherang. Varietas Inpari 1 memberikan indeks emisi tertinggi dengan hasil gabah yang lebih tinggi dibanding Ciherang, sehingga varietas Inpari 1 dapat dipertimbangkan sebagai pengganti varietas-varietas yang sedang dibudidayakan petani yang potensial menghasilkan emisi GRK tinggi.

KESIMPULAN

1. Varietas Inpari 6 meloloskan emisi GRK lebih tinggi dibanding varietas Inpari 1 dan Ciherang yang ditanam dalam tabukan pada sistem surjan mangga dan palawija.

2. Pemberian pupuk kandang berupa kotoran sapi dengan takaran tinggi (30 t/ha) menghasilkan emisi GRK sama atau cenderung lebih rendah daripada pemberian kotoran sapi takaran rendah (5 t/ha).
3. Hasil varietas Inpari 1 lebih tinggi dari Inpari 6 dan Ciherang pada ekologi sawah tadah hujan bersurjan.
4. Varietas Inpari 1 memiliki indeks emisi lebih tinggi dibandingkan dengan Ciherang, sehingga dapat dipertimbangkan sebagai varietas padi hasil tinggi dan emisi GRK rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Wasidin, Jumari, Suyoto, dan Sarwoto yang telah membantu pengambilan contoh gas di lapangan, dan kepada Titi Soepiawati atas bantuannya dalam analisis fluks GRK di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulakh, M.S., R. Wassmann, C. Bueno, J. Kreuwieser, and H. Runnenberg. 2001. Characterization of root exudates at different growth stages of ten rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Plant Biology* 3:139-148.
- Dannenberg, S. and R. Conrad. 1999. Effect of rice plant on methane production and rhizospheric metabolism in paddy soil. *Biogeochemistry* 45: 53-71.
- Dendooven, L. Patino-Zuniga, N. Verhulst, M. Luna-Guido, R. Marsch, and B. Govaerts. 2012. Global warming potential of a agricultural systems with contrasting tillage and residue management in the central high lands of Mexico. *Agriculture, Ecosystem, and Environment* 152: 50-58.
- Dubey, S.K. 2005. Microbial ecology of methane emission in rice agroecosystems: A review. *Applied Ecology and Environmental Research* 3(2): 1-27.
- Ghosh, P. and A.K. Kashyap. 2003. Effect of rice cultivar on rate of N-mineralization, nitrification, and nitrifient fertilizer size in an irrigated ecosystem. *Applied Soil Ecology* (23): 27-41.
- Hou, A.X., G.X. Chen, Z.P. Wang, O. van Cleemput, and W.H. Patrick. 2000. Methane and nitrous oxide emissions from a rice field in relation to soil redox and microbiological processes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 2180-2186.
- IPCC 2007, Climate change 2007. IPCC Fourth Assessment Report. The Physical Science Basis. (<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg1.htm>).
- Iqbal, J., R. Hu, S. Lin, R. Hatano, M. Feng, L. Lu, B. Ahamadou, and L. Du. 2009. CO₂ emission in a subtropical red paddy soil (Ultisols) as affected by straw and N-fertilizer applications: A case study in Southern China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 131: 292-302.
- Johnson, J.M.F., A.J. Franzluebbers, S.L. Wayers, and D.C. Reicosky. 2007. Agricultural opportunities to mitigate greenhouse gas emissions. *Environmental Pollution* 150: 107-124.
- Rastogi, M., S. Singh, and H. Pathak. 2002. Emission of carbon dioxide from soil. *Current Science* 82(5): 510-517.
- Sass, R.L., F.M. Fisher, and P.A. Harcombe. 1991. Mitigation of methane emission from rice fields: Possible adverse effects of incorporated rice straw. *Global Biogeochem. Cycles* 5: 275-287.
- Setyanto, P., R. Boer, and R. Abubakar. 2006. Evaluation of methane emission mitigation options from rice field in Java. p. 219-231 in Sumarno, Suparyono, A.M. Fagi, M.O. Adnyana (Eds.). *Rice Industry, Culture, and Environment. Book 1. Center for Rice Research. Subang, West Java.*
- Setyanto, P., A.B. Rosenani, M.J. Khanif, C.I. Fauziah, & R. Boer. 2004. The effect of rice cultivars on methane emission from irrigated rice field. *Indonesian Journal Agricultural Science* 5(1): 20-31.
- Sinha, S.K. 1995. Global methane emission from rice paddies: Excellent methodology but poor extrapolation. *Current Science* 68: 643-646.
- Smith, K.A., T. Ball, F. Conen, K.E. Dobbie, J. Massheder, and A. Rey. 2003. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: Interactions of soil physical factors and biological processes. *European Journal of Soil Science* 54: 779-791.
- Wassmann, R., R.S. Lantin, H.U. Neue, L.V. Buendia, T.M. Corton, and Y. Lu. 2000. Characterization of methane emissions from rice fields in Asia. III. Mitigation option and future research needs. *Nutrient Cycle Agroecosystem* 58: 23-36.
- Watanabe, A., M. Kajiwaru, T. Tashiro, and M. Kimura. 1995. Influence of rice cultivar on methane emission from paddy fields. *Plant Soil* 176: 51-56.
- Whalen, S.C. 2005. Biogeochemistry of methane exchange between natural wetlands and the atmosphere. *Environ. Engineering Science* 22(1): 73-92.
- Wihardjaka, A. 2007. Methane emission from some rice cultivars in rainfed rice field. *Jurnal Biologi Indonesia* 4(3): 143-152.
- Wihardjaka, A., dan Indratin. 2002. Hasil padi gogorancak pada tanah bertekstur lempung dengan perlakuan olah tanah dan kotoran sapi. *Prosiding Seminar Nasional Sistem Produksi Pertanian Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.* p. 185-191.
- Wihardjaka, A., P. Setyanto, dan A.K. Makarim. 1999. Pengaruh penggunaan bahan organik terhadap hasil padi dan emisi gas metan pada lahan sawah. p.44-53 dalam S. Partohardjono, J. Soejitno, dan Hermanto (Eds.). *Menuju Sistem Produksi Padi Berwawasan Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.*
- Wihardjaka, A., K. Idris, A. Rachim, dan S. Partohardjono. 2002. Pengelolaan jerami dan pupuk kalium pada tanaman padi di lahan sawah tadah hujan kahat K. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 21(1): 26-32.
- Witt, C., K.G. Cassman, D.C. Olk, U. Biker, S.P. Liboon, M.I. Samson, and J.C.G. Ottow. 2000. Crop rotation and residue management effects on carbon sequestration, nitrogen cycling and productivity of irrigated rice systems. *Plant Soil* 225: 263-278.
- Wolf, B. and G.H. Snyder. 2003. *Sustainable Soils: The Place of Organic Matter in Sustaining Soils and Their Productivity.* Food Product Press. New York-London-Oxford.
- Yu, K.W. and W.H. Patrick, Jr. 2003. Redox range with minimum nitrous oxide and methane production in a rice soil under different pH. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 1952-1958.